

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
14 février 2002 (14.02.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 02/11930 A1

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : B22F 5/10,  
F28F 7/02, H01L 23/373

(30) Données relatives à la priorité :  
00/10511 10 août 2000 (10.08.2000) FR

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR01/01369

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ATMO-  
STAT ETUDES ET RECHERCHES [FR/FR]; 29, rue  
René Hamon, F-94800 Villejuif (FR).

(22) Date de dépôt international : 4 mai 2001 (04.05.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(72) Inventeur; et

(26) Langue de publication : français

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : BENOIT,  
Jean [FR/FR]; 2, passage Delcassart, F-75010 Paris (FR).

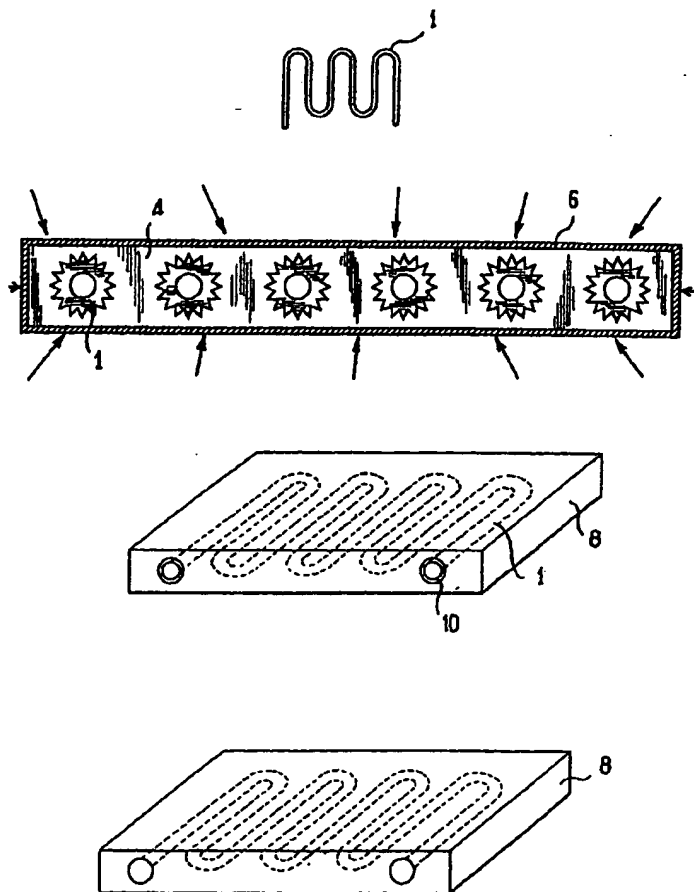
[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HEAT-EXCHANGING DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF D'ÉCHANGE THERMIQUE



WO 02/11930 A1



(57) Abstract: The invention concerns a method for making heat-exchanging devices used in particular in the field of electronics, telecommunications, aeronautics and/or space exploration. For example, it may consist of heat exchangers for onboard electronic equipment, or radiators extensible or not, or heat pipes, or fluid loops or hollow finned cooling plates, and the like. Said method comprises operations which consist in: producing a core (1) according to a geometrical shape adapted to circulate a fluid and to promote heat exchanges between said fluid and the environment of the device; inserting said core (1) inside a base material (8), said material being in powder form; densifying the base material (8) around the core (1); and selectively dissolving the core (1) by chemical process.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication de dispositifs d'échange thermique utilisés notamment dans le domaine de l'électronique, des télécommunications, de l'aéronautique et/ou du spatial. Il peut s'agir par exemple, d'échangeurs thermiques pour équipement électronique embarqué, ou de drains thermiques pour équipement électronique embarqué, et de radiateurs déployables ou non, ou de caloducs, ou de boucles fluides ou de plaques refroidissantes creuses à ailettes, etc. Ce procédé comprend les opérations consistant à - réaliser un noyau (1) selon une géométrie adaptée pour

[Suite sur la page suivante]



(74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien

(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

## PROCEDE DE FABRICATION DE DISPOSITIF D'ECHANGE THERMIQUE ET DISPOSITIF D'ECHANGE THERMIQUE OBTENU PAR CE PROCEDE

L'invention concerne le domaine des procédés de fabrication de  
5 dispositifs d'échange thermique ainsi que celui des dispositifs d'échange  
thermique eux-mêmes.

Notamment, il peut s'agir de dispositifs d'échange thermique utilisé  
dans le domaine de l'électronique, des télécommunications, de  
l'aéronautique et/ou du spatial. Il peut s'agir par exemple, d'échangeurs  
10 thermiques pour équipement électronique embarqué, ou de boîtiers pour  
équipement électronique embarqué, ou de drains thermiques pour  
équipement électronique embarqué, ou de radiateurs déployables ou non,  
ou de caloducs, ou de boucles fluides ou de plaques refroidissantes  
creuses à ailettes, etc.

15 Dans le domaine spatial, tout comme dans celui des  
télécommunications, les densités de puissance thermique dissipées par  
certains composants électroniques et équipements sont de plus en plus  
élevées. L'extraction et l'évacuation par voie radiative de tels flux  
thermiques impliquent l'utilisation, non seulement de nouveaux matériaux  
20 toujours plus performants au niveau de l'assemblage avec les éléments  
dissipatifs, mais surtout de technologies de refroidissement et de contrôle  
thermique de plus en plus performantes. Par exemple, la densité de  
puissance thermique dissipée à bord des satellites, qui peut atteindre  
plusieurs kilowatts, nécessite l'utilisation de technologies de refroidissement  
25 faisant appel à des circulations forcées ou non, des fluides caloporteurs  
monophasiques ou diphasiques (boucle fluide, caloduc, etc.) et à des  
radiateurs déployables.

Les technologies de refroidissement et de contrôle thermique sont  
mises en œuvre sur des dispositifs de transfert et d'échange thermique dont  
30 la réalisation suppose des techniques d'usinage et d'assemblage  
complexes et coûteuses. En effet, ces dispositifs doivent présenter  
d'excellentes performances thermo-mécaniques, ainsi que des niveaux

d'étanchéité élevés. En outre, les besoins en dispositifs d'échange thermique présentant des capacités d'échange de plus en plus importantes, débouchent également sur un accroissement des surfaces fixes ou déployables. De telles surfaces rendent la réalisation de ces dispositifs encore plus complexe et plus coûteuse si l'on souhaite conserver une  
5 bonne fiabilité. De plus, ces dispositifs doivent être constitués de matériaux spécifiques qui offrent les niveaux de performance requis et qui sont eux-mêmes souvent coûteux.

Un but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication de  
10 dispositifs de stockage, de transfert et d'échange thermique moins complexe et donc moins coûteux, que ceux de l'art antérieur, tout en conservant, voire en améliorant, la fiabilité de tels dispositifs.

Ce but est atteint selon l'invention par un procédé de fabrication de dispositifs d'échange thermique caractérisé par le fait qu'il comprend les  
15 opérations consistant à :

- réaliser un noyau selon une géométrie adaptée pour le stockage et la circulation d'un fluide ainsi que pour favoriser les échanges thermiques entre ce fluide et l'environnement du dispositif ;
- insérer ce noyau au sein d'un matériau de base étant sous forme de  
20 poudre;
- densifier le matériau de base autour du noyau ; et
- dissoudre sélectivement le noyau par voie chimique.

Selon une caractéristique particulière de l'invention, le matériau de base comprend du béryllium.

25 Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, le matériau de base est constitué par du béryllium ou par un alliage d'aluminium-béryllium.

Selon une caractéristique additionnelle de l'invention, l'opération consistant à densifier le matériau de base est réalisée par pressage  
30 isostatique à chaud.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le matériau de base est extrudé ou co-extrudé autour du noyau.

Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, le noyau est réalisé en un matériau compatible avec les procédés de densification de ce dernier, en particulier en cuivre dans le cas de l'extrusion, et en acier dans le cas du pressage isostatique.

- 5        Selon une caractéristique additionnelle de l'invention, elle comporte une opération d'usinage du noyau pour former des stries sur sa surface externe.

- Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, on forme après co-extrusion et enlèvement du noyau un profilé creux de forme  
10    linéaire de type caloduc.

- Selon une caractéristique additionnelle de l'invention, l'opération de dissolution sélective du noyau par voie chimique est réalisée à l'aide d'une ou de plusieurs solution(s) différente(s), de façon séquentielle afin d'enlever le noyau sans attaque du matériau de base, et/ou dans le but de réaliser  
15    intentionnellement sur les structures internes ou externes du matériau de base des surfaces à très forte porosité de dimension micronique.

- Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, on utilise un noyau constitué par un assemblage de plusieurs matériaux différents, tels qu'un noyau de forme tubulaire constitué par deux matériaux distincts  
20    disposés de façon concentrique et dont seul le matériau intérieur, disposé en position centrale, est enlevé sélectivement par voie chimique, de façon à laisser subsister l'autre matériau du noyau destiné à servir de protection interne du matériau de base en cas de difficulté de compatibilité vis-à-vis des fluides devant circuler dans les réseaux.

- 25        L'appellation noyau désigne tout élément inséré au sein du matériau de base avant densification par pressage isostatique ou extrusion et dont l'enlèvement postérieur par voie chimique sélective laisse subsister une forme complémentaire de celui-ci au sein du matériau de base.

- Ainsi, grâce au procédé selon l'invention, on réalise industriellement  
30    des dispositifs de transfert et d'échange thermique avec des étapes d'usinage et d'assemblage particulièrement simplifiées.

En effet, l'utilisation d'un noyau permet de réaliser des structures internes creuses sans avoir à assembler les parties usinées pour former ces structures internes, le matériau de base pouvant être densifié sous forme d'un bloc d'un seul tenant autour de la totalité du noyau.

- 5 C'est le noyau lui-même qui doit être usiné et ceci est aisé puisque l'on peut y accéder par sa périphérie, ce qui n'est pas toujours le cas à l'intérieur d'une structure creuse.

En permettant de limiter, voire de supprimer les étapes d'usinage et d'assemblage des différentes parties d'un dispositif d'échange thermique,  
10 on réduit les coûts de fabrication. Mais, en outre, on rend le dispositif plus fiable puisque l'on réduit également, voire on supprime, les surfaces d'assemblage. Le dispositif réalisé selon le procédé conforme à la présente invention, présente alors de meilleures propriétés mécaniques et d'étanchéité.

- 15 Le fait de créer une structure interne creuse directement lors de la densification du matériau constitutif du dispositif d'échange thermique, permet donc d'obtenir une excellente fiabilité et un meilleur rapport coût/performance en raison de la simplicité du procédé selon l'invention.

Le terme « dispositif d'échange thermique » recouvre des éléments  
20 dont la fonction peut être de stocker, d'acheminer, d'évaporer ou de condenser un fluide, mais aussi de remplir des fonctions mixtes. Ces fonctions d'échanges thermiques sont réalisées par voies conductrice et radiative. Ces fonctions sont particulièrement bien remplies grâce aux propriétés thermiques des composites à matrices métalliques tels que  
25 l'aluminium-béryllium, ainsi que grâce à des revêtements de surface.

L'aluminium-béryllium est un composite à matrice métallique dans le sens qu'il est sous forme d'une matrice d'aluminium dans laquelle sont dispersés des grains de béryllium. Il ne s'agit donc pas à proprement parler d'un alliage.

- 30 Le procédé selon l'invention est alors particulièrement avantageux, car si l'aluminium-béryllium est très intéressant pour ces propriétés thermo-mécaniques, il est très délicat à usiner et assembler. Son utilisation

nécessite la mise en œuvre de techniques spécifiques souvent onéreuses telles que la brasure et la soudure par laser ou par bombardement électronique.

L'aluminium-béryllium est largement utilisé dans le domaine  
5 thermique, notamment à bord des satellites, parce qu'il offre des propriétés thermo-mécaniques très performantes (très grande raideur avec une densité avoisinant 2, conductivité thermique très élevée, voisine de 240 W/m°K, et surtout un coefficient d'expansion thermique assez faible).

Ce matériau offre en effet des propriétés uniques :

- 10 - il a des propriétés mécaniques équivalentes par exemple à l'alliage 6061 ;
- il est trois fois plus raide que les alliages d'aluminium ;
- il est plus léger de 24% par rapport aux alliages d'aluminium ;
- 15 - sa conductivité thermique est supérieure de 25% à celle des alliages d'aluminium ;
- son coefficient d'expansion thermique est inférieur de 40% à celui des alliages d'aluminium ;
- il a une chaleur massique supérieure de 75% à celle des alliages d'aluminium ; et
- 20 - il a une très bonne aptitude à recevoir des traitements thermo-optiques de surface.

Le matériau de base est donc avantageusement un composite à structure métallique tel que l'aluminium-béryllium et plus particulièrement l'AlBeMet 162, matériau élaboré par la société BRUSH WELLMAN.

25 Son utilisation est facilitée grâce au procédé selon l'invention, lequel répond alors parfaitement aux nouveaux besoins en matière de thermique dans le domaine spatial. En effet, pour les applications mettant en œuvre des dispositifs embarqués, le rapport masse/performance est déterminant.

Avec un composite d'aluminium-béryllium, le procédé selon  
30 l'invention permet de garantir de manière fiable et sans usinage complexe, le respect des exigences suivantes : étanchéité intrinsèque, haute résistance mécanique, grande rigidité structurelle et grande légèreté.

La mise en œuvre du procédé selon l'invention permet la réalisation industrielle de dispositifs d'échange thermique tels que des échangeurs thermiques de boîtiers pour équipements électroniques embarqués, des embases de boîtiers pour équipements électroniques embarqués, des drains thermiques pour équipements électroniques embarqués, des radiateurs, des caloducs, des boucles fluides, des plaques refroidissantes creuses à ailettes, etc.

Notons que les propriétés du composite aluminium-béryllium sont telles qu'il est également avantageusement utilisé pour la réalisation de panneaux radiatifs très légers.

Le procédé selon l'invention comporte les caractéristiques avantageuses suivantes prises isolément ou en combinaison :

- l'opération consistant à densifier le matériau de base est réalisée par pressage isostatique à chaud et/ou par extrusion ;
- le noyau est de préférence réalisé en fer doux dans le cas du pressage isostatique ou en cuivre dans le cas de l'extrusion.

Les propriétés particulières de la structure interne creuse sont données par des formes et des profils de noyaux spécifiques à l'application visée. Ainsi, les noyaux ont une forme complémentaire de la structure interne souhaitée. Cette forme est définie par les besoins du domaine d'utilisation. Par exemple, les noyaux peuvent être massifs ou creux, sphériques, parallélépipédiques ou coniques, tubulaires avec des sections comportant des usinages spécifiques tels que des rainures, des stries, des formes triangulaires, des formes en étoile, etc. Les noyaux peuvent être conformés pour présenter des tronçons linéaires, et/ou courbes (serpentins, etc.). Les noyaux peuvent également être interconnectés ou isolés, ainsi que positionnés pour former des structures à deux dimensions ou à trois dimensions. Les dimensions d'un noyau peuvent être quelconque, du millimétrique ou métrique, avec des finesses d'usinage pouvant être sub-millimétriques. Les noyaux peuvent être réalisés par tout procédé d'usinage, de mise en forme ou d'assemblage dans un matériau compatible à la fois



avec le procédé de pressage isostatique à chaud (et/ou d'extrusion) et avec l'opération d'enlèvement du noyau par voie chimique sélective.

Le noyau peut faire l'objet de traitements de surfaces particuliers ainsi que d'une préparation ou d'un assemblage spécifique permettant leur  
5 compatibilité avec l'utilisation du matériau de base (température, pression, etc.), dans le procédé selon l'invention.

Un autre but de la présente invention est de fournir un dispositif de stockage, de transfert et d'échange thermique présentant des performances mécaniques et thermiques, ainsi que des niveaux d'étanchéité au moins  
10 aussi élevés que ceux de l'art antérieur, mais moins coûteux.

Cet autre but est atteint par un dispositif d'échange thermique formé d'un matériau de base densifié à partir d'une poudre, caractérisé par le fait que qu'il comporte une structure interne creuse correspondant à l'empreinte laissée par un noyau dissous sélectivement au sein du matériau de base  
15 densifié.

Le dispositif selon l'invention présente avantageusement les caractéristiques suivantes prises séparément ou en combinaison :

- le matériau de base est un composite d'aluminium-béryllium ;
  - il correspond à un dispositif compris dans la liste comprenant  
20 un échangeur thermique de boîtier pour équipement électronique embarqué, une embase de boîtier pour équipement électronique embarqué, un drain thermique pour équipement électronique embarqué, un radiateur, un caloduc, une boucle fluide et une plaque refroidissante creuse à ailettes ;
  - il comporte une structure interne creuse comprenant au moins une  
25 section correspondant à l'empreinte d'un noyau présentant un usinage spécifique tel que des stries ;
  - il comporte une structure interne creuse présentant un motif de dimension sub-millimétrique ;
  - il comporte une structure interne développée en trois dimensions.
- 30 Selon une caractéristique particulière de l'invention le dispositif d'échange thermique formé d'un matériau de base densifié à partir d'une poudre, comporte une structure interne creuse correspondant à l'empreinte

laissée par un noyau dissous sélectivement au sein du matériau de base densifié.

Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, le dispositif d'échange thermique est un composite d'aluminium-béryllium.

- 5        Selon une caractéristique additionnelle de l'invention, le dispositif d'échange thermique correspond à un dispositif compris dans la liste comprenant un échangeur thermique de boîtier pour équipement électronique embarqué, une embase de boîtier pour équipement électronique embarqué, un drain thermique pour équipement électronique  
10 embarqué, un radiateur, un caloduc, une boucle fluide et une plaque refroidissante creuse à ailettes.

- Selon une autre caractéristique particulière de l'invention, le dispositif d'échange thermique comporte une structure interne creuse comprenant au moins une section correspondant à l'empreinte d'un noyau présentant un  
15 usinage spécifique tel que des stries.

       Selon une caractéristique additionnelle de l'invention, le dispositif d'échange thermique comporte une structure interne creuse présentant un motif de dimension sub-millimétrique

- Selon une autre caractéristique particulière de l'invention le dispositif  
20 d'échange thermique comporte une structure interne développée en trois dimensions.

- Selon une caractéristique additionnelle de l'invention, le matériau de base est constitué par un composite d'aluminium-béryllium dont les propriétés et surfaces d'échanges thermiques sont accrues par une attaque  
25 sélective des grains de béryllium afin de réaliser, au moins de façon superficielle, une structure poreuse à pores microniques présentant d'excellentes propriétés de rétention capillaire.

       L'invention sera également mieux comprise à l'aide des références aux dessins annexés sur lesquels :

- 30        - la figure 1 représente schématiquement les différentes étapes (figures 1a, b, c, d) d'un exemple de mise en œuvre d'un procédé conforme à la présente invention ;

- la figure 2 représente en coupe, un exemple de géométrie d'un noyau usiné (figure 2a) ainsi que la structure interne creuse laissée après enlèvement de ce noyau (figure 2b) ;

- la figure 3 représente un autre exemple de dispositif d'échange thermique obtenu par le procédé selon l'invention représenté à la figure 1 ;

- la figure 4 représente un exemple de profil de caloduc présentant une pluralité de lamelles radiales ; et

- la figure 5 illustre la microstructure poreuse des zones du caloduc de la figure 4 voisines des lamelles.

10 Le procédé selon l'invention est décrit de manière détaillée ci-dessous, dans un mode de mise en œuvre particulier mais non limitatif. Selon cet exemple de mise en œuvre, on réalise un radiateur déployable avec un réseau en serpentin intégré.

Comme représenté sur la figure 1, selon cet exemple de mise en œuvre, le procédé selon l'invention comporte quatre étapes.

20 Selon la première étape, on prépare et on usine le noyau 1 (figure 1a). Dans le cas présent, le noyau est en cuivre mais d'autres matériaux peuvent être utilisés. Le noyau 1 est conformé en serpentin, comme représenté sur la figure 1a. Ce noyau 1 a une forme tubulaire creuse et la surface externe comporte des stries 2 s'étendant longitudinalement (figure 2a). Le diamètre externe de ce noyau 1 est de l'ordre de quelques millimètres (par exemple 6 mm). Ces stries 2 forment des structures qui, en coupe, ont une forme triangulaire, avec une pointe s'étendant radialement. La profondeur de ces stries 2 est de l'ordre d'une centaine de microns.

25 L'usinage des stries 2 est plus aisé que ne le serait celui des stries sur la surface interne d'une cavité cylindrique, comme ce serait le cas si l'on avait souhaité réaliser leur forme complémentaire directement sur du matériau de base.

Selon la deuxième étape, on incorpore le noyau 1 au sein d'une poudre 4 d'un matériau de base (figure 1b). Ce matériau est de l'aluminium-béryllium. La poudre 4 est introduite dans un moule 6 avant de subir un pressage isostatique à chaud (figure 1b).

30

A l'issue de cette étape, on obtient un bloc 8 dont la géométrie externe, déterminée par la forme du moule 6, est avantageusement déjà très proche de celle que prendra le radiateur dans sa réalisation finale.

Selon la troisième étape, le bloc 8 est usiné pour faire apparaître les  
5 extrémités 10 du noyau 1 (figure 1c).

Avantageusement, cette étape est facilitée par un repérage préalable de ces extrémités 10 par radiographie aux rayons X.

Selon la quatrième étape, on procède à une attaque chimique du noyau 1. Pour ce faire, on dissout le noyau par attaque chimique de  
10 l'intérieur du bloc 8 par circulation dans le noyau du liquide d'attaque. Le liquide d'attaque permet un déplacement ionique sélectif, par exemple par le perchlorure de fer. Ce liquide d'attaque permet de dissoudre sélectivement le noyau 1, tout en laissant intact le bloc 8 et plus particulièrement la structure interne creuse correspondant à l'empreinte du  
15 noyau 1 dans ce bloc 8 (voir figures 1d et 2b). On rappellera à ce propos que dans ces conditions la solution d'attaque ne vient pas au contact du matériau de base 8 tant que l'on n'a pas quasiment dissout l'intégralité du noyau. A ce stade, les rapports de vitesse d'attaque (par exemple  $> 300$ ) sont tels que le matériau de base 8 n'est que très peu attaqué, ce qui  
20 autorise la réalisation de géométries internes extrêmement fines.

Selon la nature et en fonction de l'application spécifique visée, le noyau peut être muni d'un revêtement particulier, par exemple d'une barrière de diffusion de manière à le rendre compatible avec différents types de procédés et avec les températures de densification du matériau de  
25 base 8.

Le bloc 8 peut ensuite être usiné extérieurement en fonction des besoins.

De nombreuses formes géométriques de réseaux et agencements particuliers peuvent être réalisés d'une manière industrielle peu coûteuse,  
30 grâce au procédé selon l'invention.

On a également représenté sur la figure 3 un autre exemple de dispositif conforme à l'invention. Il s'agit d'une plaque 12 creuse à ailettes, aussi

appelée par l'homme du métier selon la terminologie anglo-saxonne « Finned Hollow Core Cold Plate ». Cette plaque 12 comporte des canaux 14 à section rectangulaire (inférieure par exemple au millimètre carré), s'étendant longitudinalement parallèlement à ses faces principales 16. La  
5 grande dimension de leur section rectangulaire est perpendiculaire à ses faces principales 16. Ces canaux 14 sont typiquement distants les uns des autres d'une distance millimétrique.

La figure 4 illustre un caloduc réalisé avec un profil particulier de type à lamelles radiales, réalisé dans un bloc d'aluminium béryllium.

10 La figure 5 illustre le détail de la microstructure poreuse des ailettes. La forte porosité micronique de ce profilé de caloduc permet d'accroître de façon spectaculaire les surfaces d'échanges thermiques par évaporation et engendre une capillarité exceptionnelle pour le fluide de refroidissement.

## **REVENDEICATIONS**

1. Procédé de fabrication de dispositifs d'échange thermique caractérisé  
5 par le fait qu'il comprend les opérations consistant à :
  - réaliser un noyau (1) selon une géométrie adaptée pour le stockage et la circulation d'un fluide ainsi que pour favoriser les échanges thermiques entre ce fluide et l'environnement du dispositif ;
  - insérer ce noyau (1) au sein d'un matériau de base (8) étant sous forme  
10 de poudre ;
  - densifier le matériau de base (8), autour du noyau (1); et
  - dissoudre sélectivement le noyau (1) par voie chimique.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le matériau de base (8) comprend du béryllium.
- 15 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que le matériau de base (8) est constitué par du béryllium ou par un alliage d'aluminium-béryllium.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que l'opération consistant à densifier le matériau de base (8) est réalisée par  
20 pressage isostatique à chaud.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que le matériau de base (8) est extrudé ou co-extrudé autour du noyau (1).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que le noyau (1) est réalisé en un matériau compatible avec les procédés de  
25 densification de ce dernier, en particulier en cuivre dans le cas de l'extrusion, et en acier dans le cas du pressage isostatique.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait qu'il comporte une opération d'usinage du noyau (1) pour former des stries (2) sur sa surface externe.
- 30 8. Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé par le fait que l'on forme après co-extrusion et enlèvement du noyau un profilé creux de forme linéaire de type caloduc.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'opération de dissolution sélective du noyau par voie chimique est réalisée à l'aide d'une ou de plusieurs solution(s) différente(s), de façon séquentielle afin d'enlever le noyau sans attaque du matériau de base (8), et/ou dans le but de réaliser intentionnellement sur les structures internes ou externes du matériau de base (8) des surfaces à très forte porosité de dimension micronique.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'on utilise un noyau constitué par un assemblage de plusieurs matériaux différents, tels qu'un noyau de forme tubulaire constitué par deux matériaux distincts disposés de façon concentrique et dont seul le matériau intérieur, disposé en position centrale, est enlevé sélectivement par voie chimique, de façon à laisser subsister l'autre matériau du noyau destiné à servir de protection interne du matériau de base (8) en cas de difficulté de compatibilité vis-à-vis des fluides devant circuler dans les réseaux.
11. Dispositif d'échange thermique formé d'un matériau de base (8) densifié à partir d'une poudre, caractérisé par le fait qu'il comporte une structure interne creuse correspondant à l'empreinte laissée par un noyau (1) dissous sélectivement au sein du matériau de base (8) densifié.
12. Dispositif d'échange thermique selon la revendication 11, caractérisé par le fait que le matériau de base (8) est un composite d'aluminium-béryllium.
13. Dispositif d'échange thermique selon l'une des revendications 11 et 12, caractérisé par le fait qu'il correspond à un dispositif compris dans la liste comprenant un échangeur thermique de boîtier pour équipement électronique embarqué, une embase de boîtier pour équipement électronique embarqué, un drain thermique pour équipement électronique embarqué, un radiateur, un caloduc, une boucle fluide et une plaque refroidissante creuse à ailettes.

14. Dispositif d'échange thermique selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé par le fait qu'il comporte une structure interne creuse comprenant au moins une section correspondant à l'empreinte d'un noyau (1) présentant un usinage spécifique tel que des stries (2).
- 5 15. Dispositif d'échange thermique selon l'une des revendications 11 à 14, caractérisé par le fait qu'il comporte une structure interne creuse présentant un motif (2) de dimension sub-millimétrique
16. Dispositif d'échange thermique selon l'une des revendications 11 à 15, caractérisé par le fait qu'il comporte une structure interne développée en
- 10 trois dimensions.
17. Dispositif d'échange thermique selon l'une des revendications 11 à 16, caractérisé par le fait que le matériau de base (8) est constitué par un composite d'aluminium-béryllium dont les propriétés et surfaces d'échanges thermiques sont accrues par une attaque sélective des
- 15 grains de béryllium afin de réaliser, au moins de façon superficielle, une structure poreuse à pores microniques présentant d'excellentes propriétés de rétention capillaire.

20

25



1 / 4

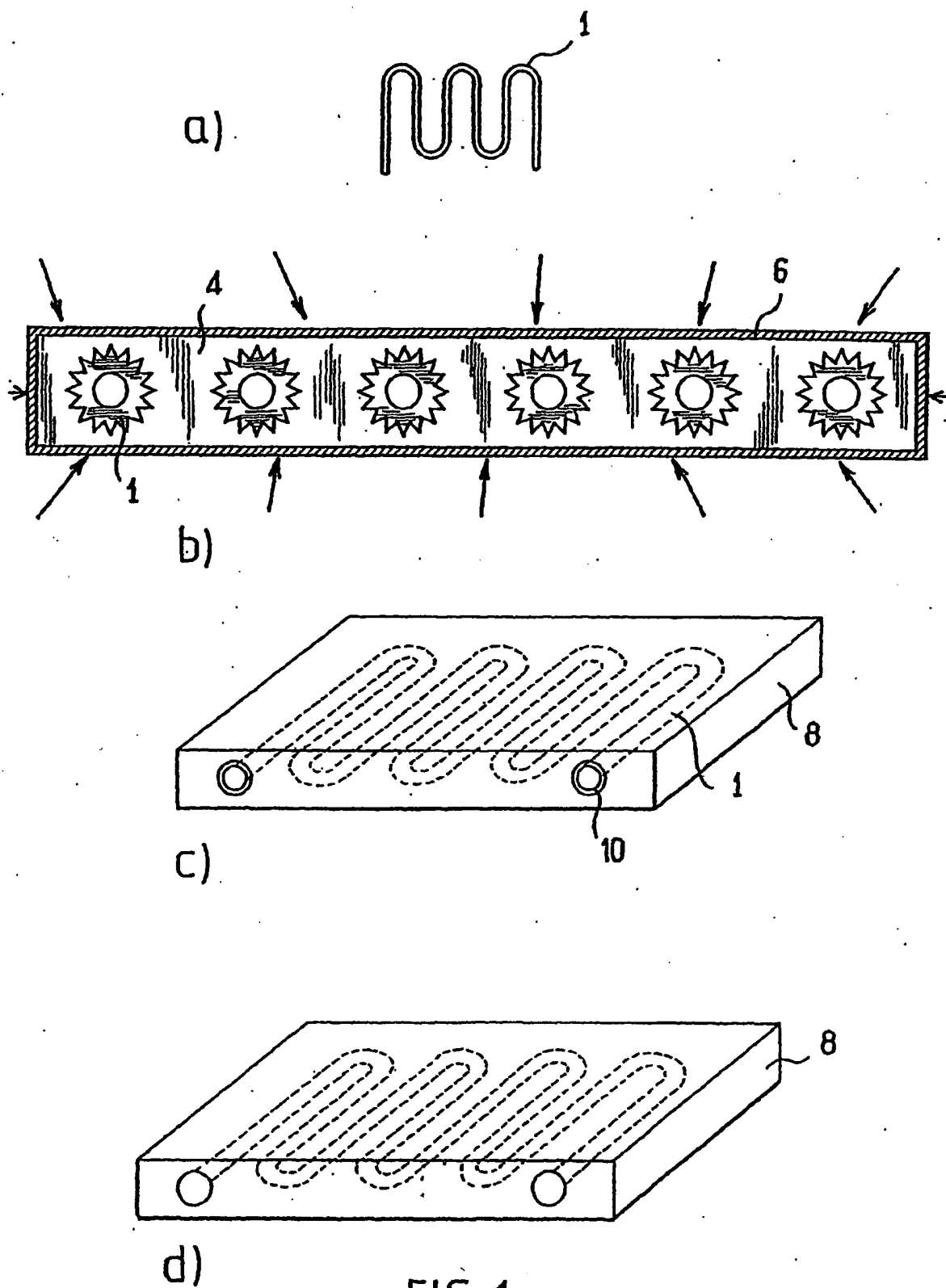


FIG. 1

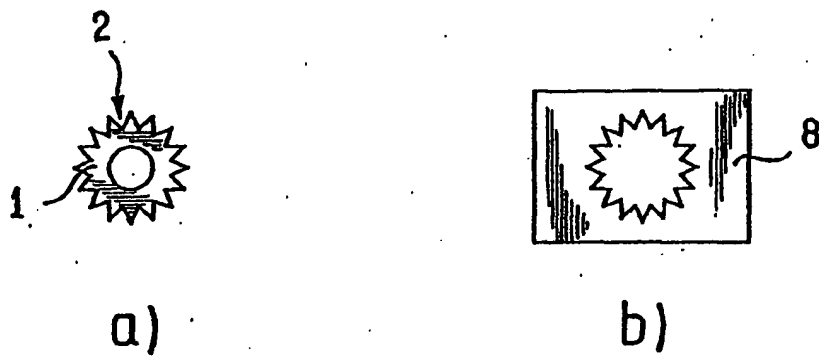


FIG. 2

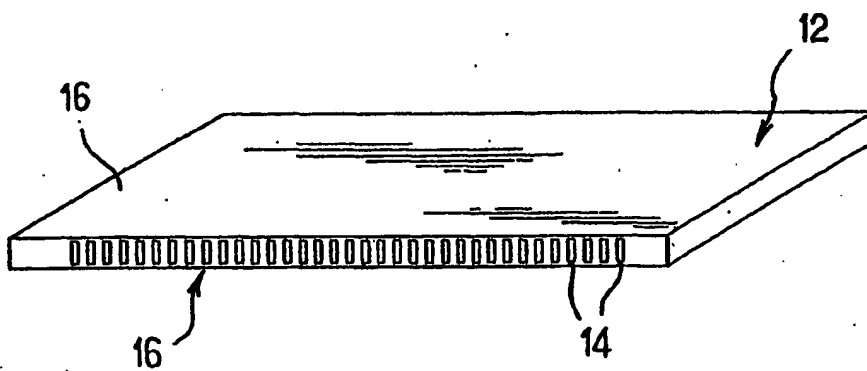


FIG. 3

3 / 4

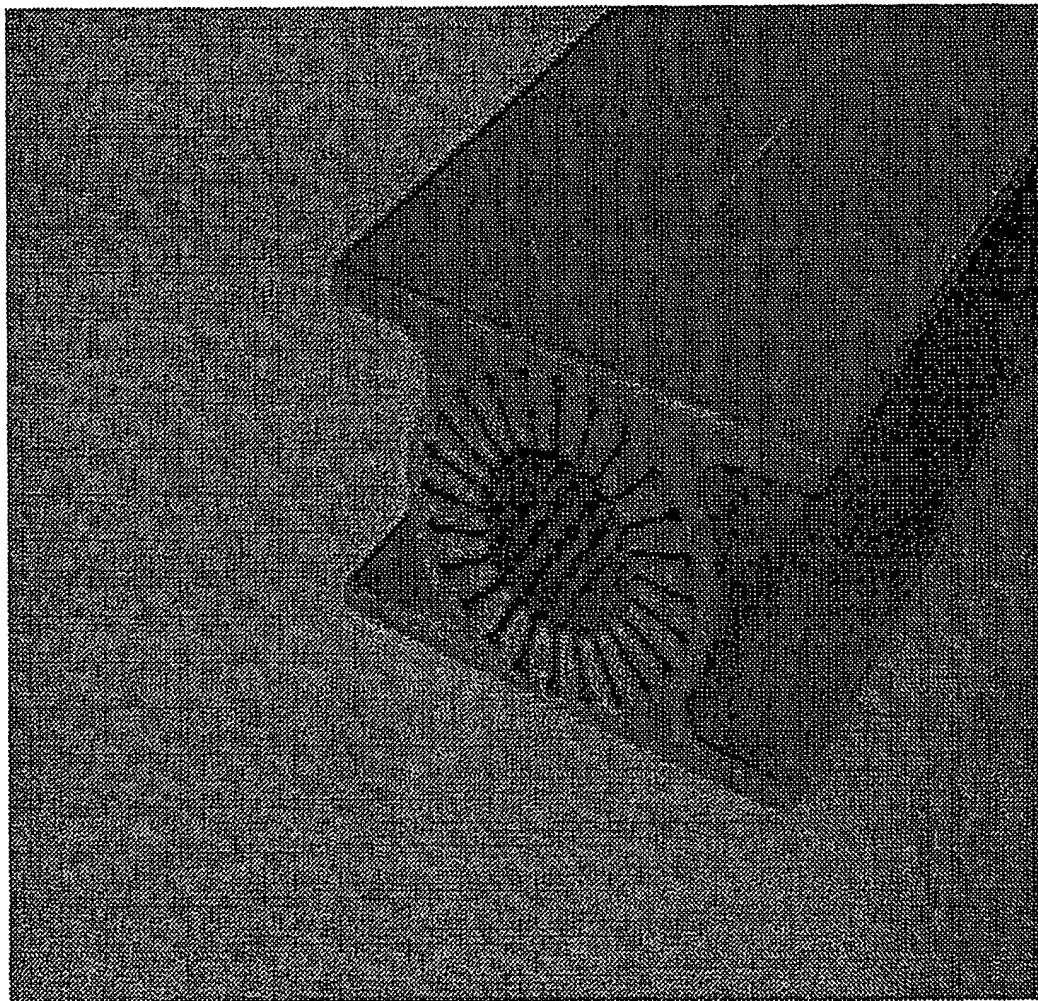
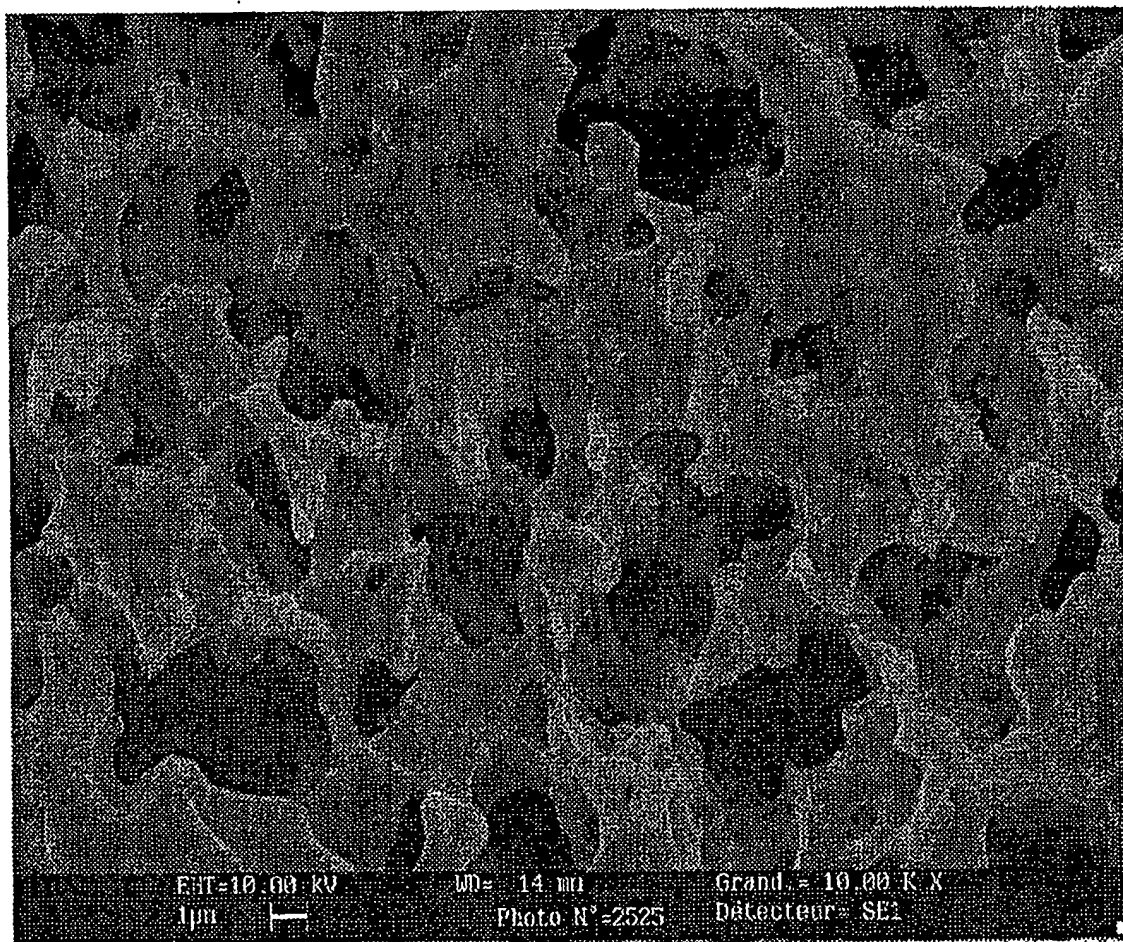


FIG - 4

4 / 4



**FIG - 5**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/FR 01/01369

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B22F5/10 F28F7/02 H01L23/373

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B22F F28F H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 3 531 848 A (GRIPSHOVER PAUL J ET AL) 6 October 1970 (1970-10-06) claims 1-8; example 1	1-4, 6, 11-14, 16
Y	EP 0 815 995 A (GEN ELECTRIC) 7 January 1998 (1998-01-07) page 4, line 35 - line 42; example 3 page 11, line 1 - line 6; claims 1, 4, 5, 7	1-4, 6, 11-14, 16
A	FR 1 010 240 A (MICHIGAN POWDERED METAL PRODUCTS) 14 June 1952 (1952-06-14) page 2, right-hand column, line 21 - page 3, left-hand column, line 4	1
A	EP 0 674 966 A (MITSUBISHI ALUMINIUM) 4 October 1995 (1995-10-04) page 2, line 1 - line 47	3, 12
-/-		



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 August 2001

Date of mailing of the international search report

23/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schruiers, H

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/01369

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 872 714 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 12 July 1961 (1961-07-12) page 2, line 40 -page 3, line 13; claims 1-3 -----	10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 01/01369

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3531848	A	06-10-1970	NONE	
EP 0815995	A	07-01-1998	US 5822853 A JP 10115425 A	20-10-1998 06-05-1998
FR 1010240	A	14-06-1952	NONE	
EP 0674966	A	04-10-1995	JP 7314177 A CN 1112042 A,B DE 69512297 D DE 69512297 T KR 177285 B US 5820698 A US 5907761 A	05-12-1995 22-11-1995 28-10-1999 05-01-2000 18-02-1999 13-10-1998 25-05-1999
GB 872714	A	12-07-1961	NONE	

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

e Internationale No

PCT/FR 01/01369

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 B22F5/10 F28F7/02 H01L23/373

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B22F F28F H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 3 531 848 A (GRIPSHOVER PAUL J ET AL) 6 octobre 1970 (1970-10-06) revendications 1-8; exemple 1 ---	1-4, 6, 11-14, 16
Y	EP 0 815 995 A (GEN ELECTRIC) 7 janvier 1998 (1998-01-07) page 4, ligne 35 - ligne 42; exemple 3 page 11, ligne 1 - ligne 6; revendications 1, 4, 5, 7 ---	1-4, 6, 11-14, 16
A	FR 1 010 240 A (MICHIGAN POWDERED METAL PRODUCTS) 14 juin 1952 (1952-06-14) page 2, colonne de droite, ligne 21 - page 3, colonne de gauche, ligne 4 ---	1
A	EP 0 674 966 A (MITSUBISHI ALUMINIUM) 4 octobre 1995 (1995-10-04) page 2, ligne 1 - ligne 47 ---	3, 12
	--- -/-	



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## \* Catégories spéciales de documents cités:

\*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

\*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

\*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

\*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

\*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

16 août 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/08/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Schruers, H



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

s internationale No

PCT/FR 01/01369

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>GB 872 714 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK)  12 juillet 1961 (1961-07-12)  page 2, ligne 40 -page 3, ligne 13;  revendications 1-3</p>	10

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

e internationale No

PCT/FR 01/01369

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3531848 A	06-10-1970	AUCUN	
EP 0815995 A	07-01-1998	US 5822853 A JP 10115425 A	20-10-1998 06-05-1998
FR 1010240 A	14-06-1952	AUCUN	
EP 0674966 A	04-10-1995	JP 7314177 A CN 1112042 A, B DE 69512297 D DE 69512297 T KR 177285 B US 5820698 A US 5907761 A	05-12-1995 22-11-1995 28-10-1999 05-01-2000 18-02-1999 13-10-1998 25-05-1999
GB 872714 A	12-07-1961	AUCUN	